

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-032061

(43)Date of publication of application : 06.02.2001

(51)Int.Cl.

G23C 10/08

F01D 5/28

(21)Application number : 2000-152243

(71)Applicant : GENERAL ELECTRIC CO <GE>

(22)Date of filing : 24.05.2000

(72)Inventor : DAS NRIPENDRA N
CHARLES PATRICIA ANN
HEIDORN RAYMOND W

(30)Priority

Priority number : 99 318644 Priority date : 26.05.1999 Priority country : US

(54) METHOD FOR SIMULTANEOUSLY ALUMINIZING NICKEL BASE SUPERALLOY AND COBALT BASE SUPERALLOY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method capable of obtaining diffusion aluminide coatings of approximately equal thicknesses by simultaneously vapor-phase aluminizing a nickel base superalloy and a cobalt-base superalloy in a single process chamber by using the same aluminum donor and activator.

SOLUTION: In this method, an aluminum donor contg. about 50 to 60 wt.% aluminum and an aluminum fluoride activating body present by the amt. of at least 1 gram per l of the volume of a coating chamber are used. The nickel base superalloy and cobalt base superalloy are simultaneously subjected to vapor-phase aluminizing at about 1900 to 1950° F for 4.5 to 5.5 hr in an inert or reducing atmosphere. By using such material as a process parameter, on both superalloys, diffusion aluminide coatings of the thicknesses which are not mutually different by $\geq 30\%$ can be formed.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-32061

(P2001-32061A)

(43) 公開日 平成13年2月6日 (2001.2.6)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード(参考)

C 2 3 C 10/08

C 2 3 C 10/08

F 0 1 D 5/28

F 0 1 D 5/28

審査請求 未請求 請求項の数10 O L 外国語出願 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2000-152243(P2000-152243)

(22) 出願日 平成12年5月24日 (2000.5.24)

(31) 優先権主張番号 09/318644

(32) 優先日 平成11年5月26日 (1999.5.26)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390041542

ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
GENERAL ELECTRIC CO
MPANY

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
クタディ、リバーロード、1番

(72) 発明者 ンリベンドラ・ナス・ダス

アメリカ合衆国、オハイオ州、ウエスト・
チェスター、ノース・レガー・コート、
8168番

(74) 代理人 100093908

弁理士 松本 研一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ニッケル基超合金およびコバルト基超合金を同時にアルミナイズする方法

(57) 【要約】

【課題】 同じアルミニウム供与体と賦活体を用いて単一のプロセスチャンバ内でニッケル基超合金とコバルト基超合金を同時に気相アルミナイズして、ほぼ等しい厚さの拡散アルミニウム化物コーティングを得る方法。

【解決手段】 本発明の方法では、約50～約60重量%のアルミニウムを含有するアルミニウム供与体と、コーティングチャンバ容積1リットル当たり少なくとも1グラムの量で存在するフッ化アルミニウム賦活体とを使用する。ニッケル基超合金とコバルト基超合金を、不活性または還元性雰囲気中約1900～約1950°Fの温度で4.5～5.5時間同時に気相アルミナイズする。このような材料とプロセスパラメーターとすることによって、双方の超合金上に、互いに約30%以上異なることのない厚さの拡散アルミニウム化物コーティングが形成される。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ニッケルを主材とする基体およびコバルトを主材とする基体の表面上に拡散アルミニウム化合物コーティングを同時に形成するための方法であって、ニッケルを主材とする基体およびコバルトを主材とする基体をチャンバに入れ、次いで前記ニッケルを主材とする基体およびコバルトを主材とする基体を、約 50～約 60 重量%のアルミニウムを含有するアルミニウム含有供与体と、チャンバ容積 1 リットル当たり少なくとも 1 グラムの量でチャンバ内に存在するフッ化アルミニウムからなるハロゲン化アルミニウム賦活体とを用いて、不活性または還元性雰囲気中約 1900～約 1950° F で 4.5～5.5 時間の間行われる気相蒸着プロセスにかけて、前記ニッケルを主材とする基体およびコバルトを主材とする基体上に拡散アルミニウム化合物コーティングを形成することを含んでなる方法。

【請求項 2】 アルミニウム含有供与体が Co_2Al_5 を含んでいる、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】 アルミニウム含有供与体が Co_2Al_5 から成る、請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】 前記ニッケルを主材とする基体およびコバルトを主材とする基体がガスタービンエンジン部品の部材である、請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】 ガスタービンエンジン部品が、ニッケル基超合金の翼形と、コバルト基超合金の内側バンドおよび外側バンドとを有する高圧タービンノズルである、請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】 前記ニッケルを主材とする基体およびコバルトを主材とする基体の上に形成される拡散アルミニウム化合物コーティングの厚さが互いに 30%以上異なることがない、請求項 1 記載の方法。

【請求項 7】 ニッケル基超合金基体およびコバルト基超合金基体を有するガスタービンエンジン部品上に拡散アルミニウム化合物コーティングを同時に形成するための方法であって、前記ガスタービンエンジン部品を、本質的に 50～60 重量%のアルミニウムと残部コバルトとから成るアルミニウム含有供与体、およびチャンバ容積 1 リットル当たり 1～2 グラムの量でチャンバ内に存在するフッ化アルミニウム粉末と共にチャンバに入れ、次いで前記ニッケル基超合金基体およびコバルト基超合金基体を、不活性または還元性雰囲気中約 1900～約 1950° F で 4.5～5.5 時間の間行われる気相蒸着プロセスにかけて、前記ニッケル基超合金基体およびコバルト基超合金基体上に互いに 30%以上異なることがない厚さを有する拡散アルミニウム化合物コーティングを形成することを含んでなる方法。

【請求項 8】 アルミニウム含有供与体が Co_2Al_5 を含んでいる、請求項 7 記載の方法。

【請求項 9】 アルミニウム含有供与体が Co_2Al_5 か

ら成る、請求項 7 記載の方法。

【請求項 10】 ガスタービンエンジン部品が、ニッケル基超合金の翼形と、コバルト基超合金の内側バンドおよび外側バンドとを有する高圧タービンノズルである、請求項 7 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、拡散アルミニウム化合物環境コーティングを形成する方法に係る。特に、本発明は、同じアルミニウム供与体と賦活体を用いて単一のプロセスチャンバ内でニッケル基超合金とコバルト基超合金を同時に気相アルミニウム化して、ほぼ等しい厚さの拡散アルミニウム化合物コーティングを得る方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 ガスタービンエンジンの効率を高めるためにそのより高い作動温度が常に求められている。しかし、作動温度が上昇すると、それに伴ってエンジンの部品の高温耐久性が増大しなければならない。ニッケル基超合金およびコバルト基超合金の開発により、また酸化、熱間腐食などから超合金を保護することができる耐酸化性の環境コーティングを用いることにより、高温性能は大いに進歩した。

【0003】 拡散アルミニウム化合物コーティングは環境コーティングとして幅広い用途をもっている。一般に拡散アルミニウム化合物は、固体拡散浸透法や蒸気相（気相）蒸着のような拡散プロセスによって形成される単層の耐酸化性コーティングであり、これらプロセスのいずれにおいてもアルミニウムを含有するガス組成物を部品の表面と反応させるのが普通である。固体拡散浸透法プロセスの例は米国特許第 3,415,672 号及び第 3,540,878 号（本発明の譲受人に譲渡されており、引用により本明細書に含まれているものとする）に開示されている。固体拡散浸透法プロセスの場合、アルミニウムを含有するガス組成物は、アルミニウムを含有する供与体材料、アンモニウムやアルカリ金属のハロゲン化合物のようなキャリア（賦活体）、およびカ焼アルミナのような不活性充填材の粉末混合物を加熱することによって生成している。この不活性充填材は、均一な厚さの拡散アルミニウム化合物コーティングが生成するように、粉末の焼結を防ぎ、かつ部品全体で揮発性のハロゲン化合物化合物の均一な分布を促進するため必要とされる。賦活体は通常、 NH_4F 、 NaF 、 KF 、 NH_4Cl または AlF_3 のようなフッ化物か塩化物の粉末である。固体拡散浸透法プロセスではニッケル基超合金とコバルト基超合金をアルミニウム化するのと同じ供与体材料を使用できるが、ニッケル基超合金に対して用いる供与体の量はコバルト基超合金と比べて少ない。

【0004】 粉末混合物の成分を混合した後、処理しようとする部品のまわりに充填しプレスし、その後、部品

と粉末混合物を通常約 1200~2200°F (約 650~1200℃) に加熱する。この温度で、賦活体は気化し、供与体材料と反応して揮発性のハロゲン化アルミニウムを形成し、次いでこれが部品表面で反応して拡散アルミニウム化物コーティングを形成する。温度は、アルミニウム化物コーティングとして望ましい厚さが得られるのに十分な時間維持する。

【0005】気相蒸着プロセス用のアルミニウム含有供与体材料はアルミニウム合金またはハロゲン化アルミニウムとすることができる。供与体がハロゲン化アルミニウムである場合は別の賦活体は必要ない。供与体材料はアルミナイズしようとする表面と接触させない。固体拡散浸透法の場合と同様、気相アルミナイズ (VPA) は、ハロゲン化アルミニウムが部品の表面で反応して拡散アルミニウム化物コーティングを形成する温度で実施する。

【0006】基体上に拡散アルミニウム化物コーティングが形成される速度は、部分的に、使用する基体材料、供与体材料および賦活体に依存する。同じ供与体と賦活体を使用する場合、ニッケルを主材とする基体はコバルトを主材とする基体より速い速度で拡散アルミニウム化物コーティングが形成されることが観察されている。同程度のコーティング速度を達成するには、コバルト基合金はコーティングチャンバ内でより高いアルミニウム活性を必要とし、それには異なる供与体材料および/または賦活体を使用する必要があるが生じる。たとえば、ニッケル基超合金をコートするにはアルミニウム含量が低めの供与体 (典型的には約 30 重量%のアルミニウムを含有するクロム-アルミニウム合金) が使われることが多いが、コバルト基超合金ではアルミニウム含量がより高い (たとえば、45 重量%) 供与体が使われる。したがって、ニッケル超合金とコバルト超合金の組合せで形成されている部品は通常単一のプロセスでアルミナイズされず、別々のアルミナイズ工程に付す必要があり、その結果かなりの余分なプロセス時間とコストが課される。

【0007】

【発明の要約】本発明は、一般に、同じアルミニウム供与体と賦活体を用いて単一のプロセスチャンバ内でニッケル基超合金とコバルト基超合金を同時に気相アルミナイズして、ほぼ等しい厚さの拡散アルミニウム化物コーティングを得る方法を提供する。本発明によると、ある種の供与体材料および賦活体と狭い範囲のプロセスパラメーターとの組合せが本発明の有益な効果を達成するのに必要である。より詳しくいうと、本発明の方法では、アルミニウムを含有するアルミニウム供与体とハロゲン化アルミニウム賦活体とを収容しているチャンバ内に 1 種以上のニッケルを主材とする基体とコバルトを主材とする基体を入れる。このアルミニウム供与体は約 50~約 60 重量%のアルミニウムを含有していなければなら

ず、一方ハロゲン化アルミニウム賦活体はチャンバ容積 1 リットル当たり少なくとも 1 グラムの量でチャンバ内に存在するフッ化アルミニウムでなければならない。その後、ニッケルを主材とする基体とコバルトを主材とする基体を、不活性または還元性雰囲気中約 1900~約 1950°F (約 1038~約 1066℃) の温度で 4.5~5.5 時間気相アルミナイズする。

【0008】本発明によると、これらの材料とプロセスパラメーターによって、ニッケルを主材とする基体とコバルトを主材とする基体の上に同時に拡散アルミニウム化物コーティングを設けることが可能であり、得られる基体上のコーティングの厚さは互いにあまり変わらず、好ましくは約 30% 以上異なることがない。その結果、ニッケル基超合金の翼形とコバルト基超合金の内側および外側バンドとを有する高圧タービンノズルのようなガスタービンエンジン部品を単一の処理サイクルでアルミナイズして、ガスタービンエンジンの過酷な環境からその部品を保護するのに十分な厚さをもつ均一な拡散アルミニウム化物コーティングをもたせることができる。

【0009】本発明のその他の目的および利点は以下の詳細な説明から明らかとなろう。

【0010】

【発明の詳細な記述】広い意味で、本発明は、比較的高い温度の環境内で作動しなければならず、したがって厳しい酸化と高温腐食を受け易い部品の拡散アルミニウム化物環境コーティングに関する。本発明はガスタービンエンジン部品、特にコバルト基超合金の内側バンドと外側バンドに溶接されたニッケル基超合金の翼形をもつ高圧タービンノズルに対して開発されたものであるが、本発明の教示はニッケル基合金とコバルト基合金とを同時にアルミナイズすることが望まれるいかなる状況にも広く適用可能である。

【0011】本発明は、そのプロセス材料とパラメーターによりニッケル基合金とコバルト基合金上にほぼ等しい厚さの拡散アルミニウム化物コーティングが同時に形成されることが判明した気相アルミナイズプロセスである。したがって、本発明は、単一の処理サイクルでニッケル基超合金とコバルト基超合金を気相アルミナイズする際の主要な障害を克服する。本発明の成功のためには、約 50~約 60 重量%のアルミニウムを含有するアルミニウム含有供与体の使用、賦活体として、チャンバ容積の 1 立方フィート当たり 30 グラム (約 1g/l) 以上の量のフッ化アルミニウムの使用、約 1900~約 1950°F (約 1038~約 1066℃) および約 4.5~5.5 時間という処理温度と時間の使用が包含される。本発明によると、上記パラメーターのいずれかひとつが外れるとかなり異なる厚さの拡散アルミニウム化物コーティングが形成されることがになり得る。

【0012】本発明によって必要とされるアルミニウム

含量を有する各種のアルミニウム含有供与体材料の使用が予想できるが、好ましいアルミニウム供与体材料はコバルト-アルミニウム合金、特に Co_2Al_5 （アルミニウム含量約53重量%）である。ニッケルを主材とする基体をアルミナイズするのにコバルト-アルミニウム合金を用いることは、ニッケルを主材とする基体にクロム-アルミニウム合金を用いた従来の実施とは対照的である。それにもかかわらず、コバルト-アルミニウム合金は、本発明に従ってニッケルを主材とする基体とコバルトを主材とする基体とを同時にコートするのに好ましい。

【0013】フッ化アルミニウムは、従来、固体拡散浸透法や気相蒸着によってニッケルを主材とする基体やコバルトを主材とする基体をアルミナイズするのに賦活体として使われて来ている。本発明によると、フッ化アルミニウムは、ニッケルを主材とする基体とコバルトを主材とする基体の両方でほぼ等しいコーティング速度を達成するために、チャンバ容積の1立方フィート当たり30グラム（約1g/l）以上の量で存在しなければならない。フッ化アルミニウム賦活体の本発明で使用するのに好ましい量はチャンバ容積の1立方フィート当たり30～60グラム（約1～2g/l）である。

【0014】アルミナイズングプロセスの活性は賦活体濃度と供与体合金中に存在するアルミニウムの量とに直接比例することが知られている。したがって、コーティングプロセスの時間が一定に保たれば、所与の基体上に形成されるコーティングの厚さはアルミニウム活性に

よって決まる。従来、コバルトを主材とする基体と同程度の速度でニッケルを主材とする基体をコートするには低めのアルミニウム活性が必要であった。これら従来の慣例は、コバルトを主材とする基体とニッケルを主材とする基体に単一のコーティングサイクルで同程度の厚さの拡散アルミニウム化合物コーティングを生成するには異なる種類または量の供与体材料および/または賦活体が必要であることを示唆しているが、本発明は、供与体のアルミニウム含量が十分に高く、賦活体がフッ化アルミニウムであり、しかもプロセスの温度が狭い範囲内に維持されれば、全く同じ供与体材料と賦活体を使用してコバルトを主材とする基体とニッケルを主材とする基体を同時にコートすることができるという予想外の結論に基づいている。

【0015】本発明に至る研究中、コバルトを主材とする基体とニッケルを主材とする基体に対する従来の気相アルミナイズ（VPA）プロセス範囲内のパラメーターを使用して（それぞれ、従来技術「A」および「B」とする）、また本発明のプロセスパラメーターを使用して（「本発明」とする）、コバルトを主材とする内側バンドと外側バンドとの間に接合されたニッケル基超合金の翼形を有する高圧タービンノズルを気相アルミナイズ（VPA）した。翼形はルネ(Rene)142Ni基合金であり、内側と外側のバンドはX-40Co基合金製であったが、その他のニッケル基およびコバルト基耐火合金を使用でき、同様な結果が得られるであろう。用いた気相蒸着パラメーターは次に示す。

表 I

パラメーター	従 来 技 術		本 発 明
	A	B	
温度	1080-1100℃	1080-1100℃	1040℃
時間	6.0時間	6.0時間	5.0時間
供与体	Co_2Al_5	CrAl	Co_2Al_5
賦活体	AlF ₃	AlF ₃	AlF ₃
濃度*	0.8-2.0g/l	0.3-0.6g/l	1.2g/l

*コーティング容器容積1リットルあたりの賦活体のグラムで表した濃度。

すでに指摘したように、以上のパラメーターは本発明にとって極めて重要である。各プロセスは同じ市販装置で行い、水素とアルゴンの雰囲気を用いたが、不活性または還元性の雰囲気はほとんどいかなるものでも許容できる。

【0016】本発明の上記パラメーターにより、ニッケル基超合金表面上には厚さ約70μmの拡散アルミニウム化合物コーティングが得られ、コバルト基超合金表面上には厚さ約55μmの拡散アルミニウム化合物コーティングが得られる。対照的に、従来技術のパラメーター範囲「A」（従来コバルト基超合金に用いられているもの）を用いて生成した拡散アルミニウム化合物コーティングは、ニッケル基超合金表面上で厚さ約115μm、コバルト基超合金表面上で厚さ約60μmであり、従来技術

のパラメーター範囲「B」（従来ニッケル基超合金に用いられているもの）を用いて生成したコーティングは、ニッケル基超合金表面上で厚さ約60μm、コバルト基超合金表面上で厚さ約25μmであった。まとめると、本発明のプロセスパラメーターでは厚さが約30%しか変わらない拡散アルミニウム化合物コーティングが得られたのに対し、従来技術のプロセスパラメーターでは約100%の差が生じた。

【0017】以上の結果は、本発明のVPAプロセスを用いることにより、ニッケルを主材とする基体とコバルトを主材とする基体の双方の上にほぼ同じ厚さの拡散アルミニウム化合物コーティングを生成させることができることを示していた。このような能力は、従来のプロセス材料とパラメーターを用いたVPAプロセスでは不可能

であった。また、上記結果は、いずれかひとつのパラメーターを変化させた際の影響が他のパラメーターに依存しており、そのため所与の組合せのパラメーターで達成可能な蒸着速度が一般的には予測できないことも立証している。したがって、本発明によるニッケルを主材とする基体とコバルトを主材とする基体を同時にコートする

ための最適な値の発見は従来技術の実施からは期待できなかったのである。

【0018】好ましい具体例に関連して本発明を説明して来たが、明らかに当業者は他の形態を採用することができる。したがって、本発明の範囲は特許請求の範囲によってのみ制限される。

フロントページの続き

(72)発明者 パトリシア・アン・チャールズ
アメリカ合衆国、オハイオ州、ハミルトン、ベネット・ドライブ、4257番

(72)発明者 レイモンド・ウィリアム・ヘイドーン
アメリカ合衆国、オハイオ州、フェアフィールド、レイク・ミード・ドライブ、5644番

【外国語明細書】

1. Title of Invention

PROCESS FOR SIMULTANEOUSLY ALUMINIZING

NICKEL-BASE AND COBALT-BASE SUPERALLOYS

2. Claims

1. A process for simultaneously forming diffusion aluminide coatings on surfaces of nickel-base and cobalt-base substrates, the process comprising the steps of:

placing a nickel-base substrate and a cobalt-base substrate in a chamber; and then

subjecting the nickel-base and cobalt-base substrates to a vapor phase deposition process performed at about 1900 °F to about 1950 °F for a duration of 4.5 to 5.5 hours in an inert or reducing atmosphere, the vapor phase deposition process using an aluminum-containing donor and an aluminum halide activator, the aluminum donor containing about 50 to about 60 weight percent aluminum, the aluminum halide activator being aluminum fluoride present within the chamber in an amount of at least 1 gram per liter of chamber volume, the nickel-base and cobalt-base substrates developing diffusion aluminide coatings thereon.

2. A process as recited in claim 1, wherein the aluminum-containing donor comprises Co_2Al_5 .

3. A process as recited in claim 1, wherein the aluminum-containing donor consists of Co_2Al_5 .

4. A process as recited in claim 1, wherein the nickel-base and cobalt-base substrates are members of a gas turbine engine component.

5. A process as recited in claim 1, wherein the gas turbine engine component is a high pressure turbine nozzle having a nickel-base superalloy airfoil and cobalt-base superalloy inner and outer bands.

6. A process as recited in claim 1, wherein the diffusion aluminide coatings that develop on the nickel-base and cobalt-base substrates have thicknesses that do not differ from each other by more than 30%.

7. A process for simultaneously forming diffusion aluminide coatings on a gas turbine engine component having nickel-base and cobalt-base superalloy substrates, the process comprising the steps of:

placing the gas turbine engine component in a chamber with an aluminum-containing donor and an aluminum fluoride powder, the aluminum-containing donor consisting essentially of 50 to 60 weight percent aluminum and the balance cobalt, the aluminum fluoride powder being present within the chamber in an amount of 1 to 2 grams per liter of chamber volume; and then

subjecting the nickel-base and cobalt-base superalloy substrates to a vapor

phase deposition process performed at about 1900 F to about 1950 F for a duration of 4.5 to 5.5 hours in an inert or reducing atmosphere, the nickel-base and cobalt-base superalloy substrates developing diffusion aluminide coatings whose thicknesses do not differ from each other by more than 30%.

8. A process as recited in claim 7, wherein the aluminum-containing donor comprises Co_2Al_5 .

9. A process as recited in claim 7, wherein the aluminum-containing donor consists of Co_2Al_5 .

10. A process as recited in claim 7, wherein the gas turbine engine component is a high pressure turbine nozzle having a nickel-base superalloy airfoil and cobalt-base superalloy inner and outer bands.

3. Detaild Description of Invention

FIELD OF THE INVENTION

This invention relates to processes for forming diffusion aluminide environmental coatings. More particularly, this invention is directed to a process for simultaneously vapor phase aluminizing nickel-base and cobalt-base superalloys within a single process chamber using the same aluminum donor and activator, to yield diffusion aluminide coatings of approximately equal thickness.

BACKGROUND OF THE INVENTION

Higher operating temperatures for gas turbine engines are continuously sought in order to increase their efficiency. However, as operating temperatures increase, the high temperature durability of the components of the engine must correspondingly increase. Significant advances in high temperature capabilities have been achieved through the development of nickel and cobalt-base superalloys, and through the use of oxidation-resistant environmental coatings capable of protecting superalloys from oxidation, hot

corrosion, etc.

Diffusion aluminide coatings have found wide use as environmental coatings.

Diffusion aluminides are generally single-layer oxidation-resistant coatings formed by a diffusion process, such as a pack cementation or vapor (gas) phase deposition, both of which generally entail reacting the surface of a component with an aluminum-containing gas composition. Examples of pack cementation processes are disclosed in U.S. Patent Nos. 3,415,672 and 3,540,878, assigned to the assignee of the present invention and incorporated herein by reference. In pack cementation processes, the aluminum-containing gas composition is produced by heating a powder mixture of an aluminum-containing donor material, a carrier (activator) such as an ammonium or alkali metal halide, and an inert filler such as calcined alumina. The inert filler is required to prevent powder sintering and promote a uniform distribution of the volatile halide compound around the component, so that a diffusion aluminide coating of uniform thickness is produced. The activator is typically a fluoride or chloride powder, such as NH_4F , NaF , KF , NH_4Cl or AlF_3 . While pack cementation processes may use the same donor material to aluminize nickel-base and cobalt-base superalloys, a lower amount of donor must be used for nickel-base substrates as compared to cobalt-base substrates.

The ingredients of the powder mixture are mixed and then packed and pressed around the component to be treated, after which the component and powder mixture are typically heated to about 1200-2200 F (about 650-1200 C), at which the activator vaporizes and reacts with the donor material to form the volatile aluminum halide, which then reacts at the surface of the component to form the diffusion aluminide coating. The temperature is maintained for a duration sufficient to produce the desired thickness for the

aluminide coating.

Aluminum-containing donor materials for vapor phase deposition processes can be an aluminum alloy or an aluminum halide. If the donor is an aluminum halide, a separate activator is not required. The donor material is placed out of contact with the surface to be aluminized. As with pack cementation, vapor phase aluminizing (VPA) is performed at a temperature at which the aluminum halide will react at the surface of the component to form a diffusion aluminide coating.

The rate at which a diffusion aluminide coating develops on a substrate is dependent in part on the substrate material, donor material and activator used. If the same donor and activator are used, nickel-base substrates have been observed to develop a diffusion aluminide coating at a faster rate than cobalt-base substrates. To achieve comparable coating rates, cobalt-based alloys have required higher aluminum activity in the coating chamber, necessitating that different donor materials and/or activators be used. For example, donors with lower aluminum contents (typically chrome-aluminum alloys containing about 30% aluminum by weight) have often been used to coat nickel-base superalloys, while donors with higher aluminum contents (e.g., 45% by weight) have been used for cobalt-base superalloys. Consequently, components formed of a combination of nickel and cobalt superalloys typically have not been aluminized in a single process, but have been required to undergo separate aluminizing steps with the result that considerable additional processing time and costs are incurred.

BRIEF SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention generally provides a process for simultaneously vapor phase aluminizing nickel-base and cobalt-base superalloys within a single process chamber using the same aluminum donor and activator, to yield diffusion aluminide coatings of approximately equal thickness. According to this invention, certain donor materials and activators in combination with a narrow range of process parameters are necessary to achieve the benefits of this invention. More particularly, the process of this invention entails placing one or more nickel-base and cobalt-base substrates in a chamber that contains an aluminum-containing donor and an aluminum halide activator. The aluminum donor must contain about 50 to about 60 weight percent aluminum, while the aluminum halide activator must be aluminum fluoride present within the chamber in an amount of at least 1 gram per liter of chamber volume. The nickel-base and cobalt-base substrates are then vapor phase aluminized for 4.5 to 5.5 hours at a temperature of about 1900 F to about 1950 F (about 1038 C to about 1066 C) in an inert or reducing atmosphere.

According to the invention, these materials and process parameters are able to simultaneously develop diffusion aluminide coatings on nickel-base and cobalt-base substrates, such that the coating thicknesses on the substrates do not differ significantly from each other, preferably by not more than about 30%. As a result, gas turbine engine components, such as high pressure turbine nozzles having nickel-base superalloy airfoils and cobalt-base superalloy inner and outer bands, can be aluminized in a single treatment cycle to have a uniform diffusion aluminide coating whose thickness is sufficient to protect the component from the hostile environment of a gas

turbine engine.

Other objects and advantages of this invention will be better appreciated from the following detailed description.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

The present invention is generally directed to diffusion aluminide environmental coatings for components that must operate within environments characterized by relatively high temperatures, and are therefore subjected to severe oxidation and hot corrosion. While developed for gas turbine engine components, and particularly high pressure turbine nozzles with nickel-base superalloy airfoils welded to cobalt-base superalloy inner and outer bands, the teachings of this invention are generally applicable to any situation in which it is desired to simultaneously aluminize nickel-base and cobalt-base alloys.

The present invention is a vapor phase aluminizing process whose process materials and parameters have been found to simultaneously develop diffusion aluminide coatings of approximately equal thickness on nickel-base and cobalt-base alloys. Accordingly, this invention overcomes the principal obstacle to vapor phase aluminizing nickel-base and cobalt-base superalloys with a single treatment cycle. The specific process requirements that have been identified as being necessary for the success of this invention include the use of an aluminum-containing donor containing about 50 to about 60 weight percent aluminum, aluminum fluoride in amounts of at least 30 grams per ft³ (about 1 g/l) of chamber volume as the activator, and a treatment

temperature and duration of about 1900 F to about 1950 F (about 1038 C to about 1066 C) and about 4.5 to 5.5 hours, respectively. According to the invention, deviation of any one of the above parameters can result in diffusion aluminide coatings of significantly different thicknesses being developed.

While various aluminum-containing donor materials having the aluminum content required by this invention could foreseeably be used, preferred aluminum donor materials are cobalt-aluminum alloys, and particularly Co_2Al_5 (aluminum content of about 53% by weight). The use of a cobalt-aluminum alloy for aluminizing a nickel-base substrate is contrary to the prior practice of using chrome-aluminum alloys for nickel-base substrates. Nonetheless, cobalt-aluminum alloys are preferred for simultaneously coating nickel-base and cobalt-base substrates in accordance with this invention.

Aluminum fluoride has been used in the past as the activator for aluminizing nickel-base and cobalt-base substrates by pack cementation and vapor phase deposition. According to this invention, aluminum fluoride must be present in amounts of at least 30 grams per ft^3 (about 1 g/l) of chamber volume in order to achieve approximately equal coating rates on both nickel-base and cobalt-base substrates. A preferred amount of aluminum fluoride activator for use in this invention is between 30 and 60 grams per ft^3 (about 1 and 2 g/l) of chamber volume.

The activity of an aluminizing process is known to be directly proportional to the activator concentration and the amount of aluminum present in the donor alloy. Therefore, aluminum activity determines the coating thickness formed on a given substrate if the duration of the coating process is held constant. In the past, lower aluminum activity was required to coat nickel-base substrates

at a rate comparable to cobalt-base substrates. Though these conventions would suggest that different types or amounts of donor material and/or activator would be required to produce diffusion aluminide coatings of comparable thicknesses on cobalt-base and nickel-base substrates in a single coating cycle, the present invention is based on the unexpected determination that the very same donor material and activator can be used to simultaneously coat cobalt-base and nickel-base substrates if the aluminum content of the donor is sufficiently high, the activator is aluminum fluoride, and the temperature of the process is maintained within a narrow range.

During an investigation leading to this invention, high pressure turbine nozzles having nickel-base superalloy airfoils joined between cobalt-base inner and outer bands were vapor phase aluminized (VPA) using parameters within conventional VPA processing ranges for cobalt-base and nickel-base substrates (Prior Art "A" and "B", respectively), and using the processing parameters of this invention ("Invention"). The airfoils were formed of Rene 142 Ni-base alloy, while the inner and outer bands were formed of X-40 Co-base alloy, though other nickel-base and cobalt-base refractory alloys could have been used with similar results. The vapor phase deposition parameters used are outlined below.

TABLE I.

<u>PARAMETER</u>	<u>PRIOR ART</u>		<u>INVENTION</u>
	<u>A</u>	<u>B</u>	
Temp.:	1080-1100 C	1080-1100 C	1040 C
Duration:	6.0 hrs.	6.0 hrs.	5.0 hrs.
Donor:	Co ₂ Al ₅	CrAl	Co ₂ Al ₅
Activator:	AlF ₃	AlF ₃	AlF ₃
Concentration*:	0.8-2.0 g/l	0.3-0.6 g/l	1.2 g/l

* Concentration in grams of activator per liter
of coating container volume.

As noted previously, the above parameters are those critical to the invention. Each process was performed in the same commercial apparatus with a hydrogen and argon atmosphere, though essentially any inert or reducing atmosphere would be acceptable.

The above parameters of this invention yielded a diffusion aluminide coating on the nickel-base superalloy surfaces of about 70 μm in thickness, and a diffusion aluminide coating on the cobalt-base superalloy surfaces of about 55 μm in thickness. In comparison, the diffusion aluminide coatings produced using the prior art parameter ranges "A" (conventionally used for cobalt-base superalloys) were about 115 μm in thickness on the nickel-base superalloy surfaces and about 60 μm in thickness on the cobalt-base superalloy surfaces, and the coatings produced using the prior art parameter ranges "B" (conventionally used for nickel-base superalloys) were about 60 μm in thickness on the nickel-base superalloy surfaces and about 25 μm in thickness on the cobalt-base superalloy surfaces. In summary, the process parameters of this invention developed diffusion aluminide coatings whose thicknesses differed by only about 30%, in comparison to a difference of about 100% for the process parameters of the prior art.

The above results evidenced that diffusion aluminide coatings of nearly identical thickness could be produced on both nickel-base and cobalt-base substrates using the VPA process of this invention. Such a capability was not possible with VPA processes using conventional process materials and parameters. The above also evidences that the effect of changing any single parameter is dependent on the other parameters, with the result that the deposition rate achievable with a given set of parameters is generally unpredictable. As a result, the discovery by this invention of optimum values for simultaneously coating nickel-base and cobalt-base substrates could not have been expected from prior art practices.

While our invention has been described in terms of a preferred embodiment, it is apparent that other forms could be adopted by one skilled in the art. Accordingly, the scope of our invention is to be limited only by the Claims.

1. Abstract

A process for simultaneously vapor phase aluminizing nickel-base and cobalt-base superalloys within a single process chamber using the same aluminum donor and activator, to yield diffusion aluminide coatings of approximately equal thickness. The process entails the use of an aluminum donor containing about 50 to about 60 weight percent aluminum, and an aluminum fluoride activator present in an amount of at least 1 gram per liter of coating chamber volume. Nickel-base and cobalt-base superalloys are simultaneously vapor phase aluminized for 4.5 to 5.5 hours at a temperature of about 1900 F to about 1950 F in an inert or reducing atmosphere. With these materials and process parameters, diffusion aluminide coatings are developed on both superalloys whose thicknesses do not differ from each other by more than about 30%.

THIS PAGE BLANK (USPTO)